Biotecnologie per il miglioramento genetico

Fondamenti di miglioramento genetico vegetale

La genetica studia le leggi dell'ereditarietà; il miglioramento genetico riguarda l'applicazione delle leggi dell'ereditarietà, ed è quindi una scienza applicata che usa tali leggi per creare genotipi migliori per specifici fini. Miglioramento genetico significa migliorare in modo stabile, cioè in una maniera che sia trasmissibile alla progenie, le caratteristiche di un organismo, per una maggiore produttività e qualità.

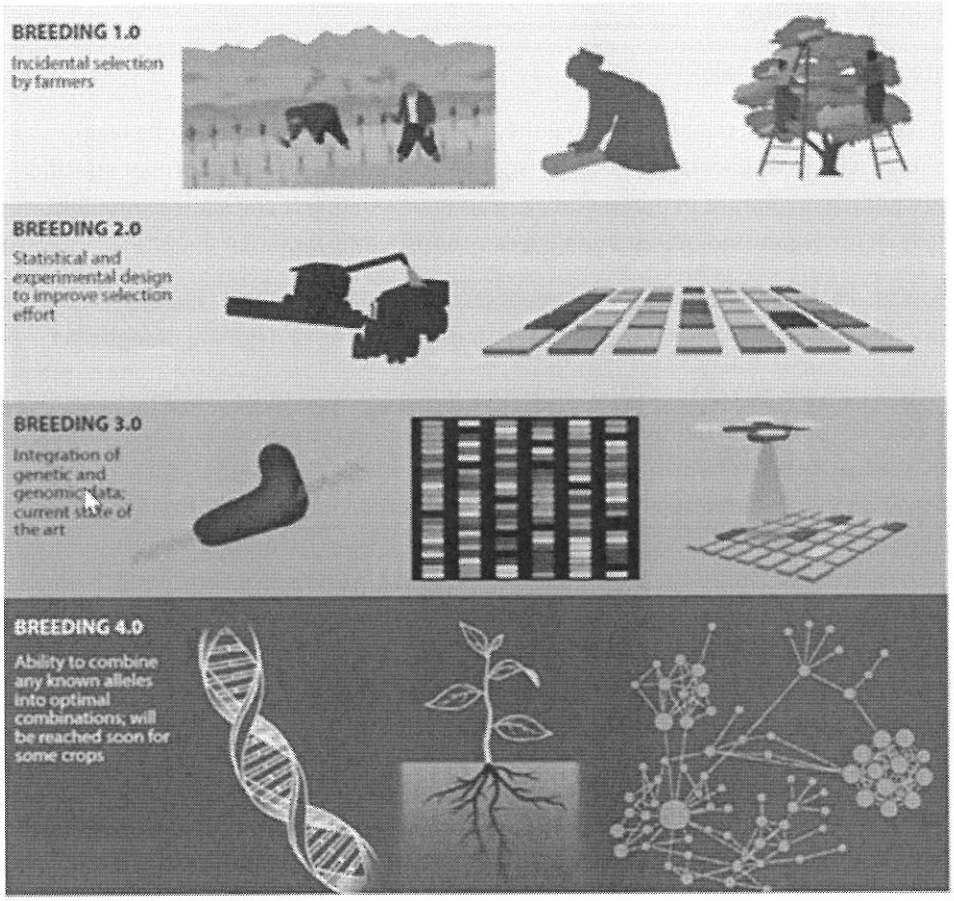
Ogni caratteristica di un organismo è determinata da fattori genetici e ambientali (P= G + E, ovvero il fenotipo è dato dalla "somma" tra genotipo e ambiente) con diversa preponderanza degli uni o degli altri.

Il controllo genetico di un certo carattere può essere diversamente complesso; abbiamo caratteri monogenici, ovvero in cui si ha la corrispondenza un gene-un enzima (come i caratteri studiati da Mendel), questi geni presentano comunque una certa complessità, come ad esempio nel caso dei geni che producono le xantofille, ovvero i pigmenti che determinano il colore dei fiori, nella cui produzione ogni passaggio è regolato da un enzima, ovvero da un gene, ma i geni agiscono in serie quindi se manca un enzima si interrompe la via di sintesi delle xantofille; la complessità è dovuta anche alle interazioni fra catene metaboliche diverse all'interno della stessa cellula. I caratteri poligenici o quantitativi sono misurabili, ovvero non ci sono classi separate di fenotipi es. seme giallo/verde ma sono ad esempio l'altezza, quindi esiste un continuum tra piante più basse e più alte, oppure la produttività, e sono determinati dall'azione di più geni che hanno effetti rispettivamente additivi.

I diversi caratteri possono essere migliorati, ma non sempre il miglioramento genetico va nella direzione in cui andrebbe la natura (es. le foglie di lattuga che devono essere grandi ma la natura tenderebbe a farne diminuire la superficie perché così sono meno attaccabili). Ciò che viene migliorato è il fenotipo, e si può agire quindi sul genotipo o sull'ambiente: nell'agricoltura intensiva si ha una forte utilizzazione di concimi, pesticidi ed erbicidi per ottenere la migliore produttività, e in questo caso si agisce sull'ambiente; in certi casi le condizioni ambientali non sono controllabili e inoltre si provoca un importante impatto ambientale. Le modificazioni genetiche sono invece più controllabili.

Il miglioramento genetico riassume l'evoluzione delle specie, cioè si basa sulle stesse forze dell'evoluzione naturale, ovvero sull'apparire di forme particolari e sulla selezione di queste a scapito delle altre; il miglioramento genetico presuppone una selezione artificiale di nuovi genotipi che si possono ottenere mediante tecniche diverse (ibridazione, mutazione, ingegneria genetica e altre). La selezione artificiale è molto più efficace di quella naturale, perché ha effetto immediato nella popolazione in quanto vengono eliminati individui con geni che devono essere scartati; inoltre, si utilizzano incroci controllati che creano nuove combinazioni genetiche velocizzando i processi dell'evoluzione naturale.

L'evoluzione delle piante coltivate, addomesticate, dura da soli 10000 anni con risultati clamorosi; con la consapevolezza delle leggi genetiche che regolano la trasmissione dei caratteri (nell'ultimo secolo) e con l'acquisizione delle biotecnologie (negli ultimi 30 anni) si sono avuti e si attendono progressi ancora più rapidi.



Sviluppo delle tecniche di breeding

Nel XX secolo il miglioramento genetico è stato utilizzato soprattutto per aumentare la produttività, che ha provocato una riduzione della percentuale di persone che soffrono la fame; questo aumento delle derrate alimentari ha provocato un incremento del carico ambientale, l'impoverimento dei suoli e la perdita di biodiversità soprattutto a causa dell'utilizzo di colture intensive. I cambiamenti delle condizioni ambientali causano una riduzione dell'acqua disponibile e precipitazioni abbondanti e concentrate, un depauperamento dei suoli e la migrazione (o l'affermazione) di patogeni in ambienti fino a oggi immuni. Ad esempio, uno studio ha osservato che molte zone europee entro il 2050 non potranno più essere usate per la coltura della vite mentre nel nord Europa aumenteranno i territori che potranno coltivare questo tipo di pianta a causa dei cambiamenti climatici.

Genetica di popolazione

La genetica di popolazione studia un certo livello dei fenomeni genetici, ovvero quello delle popolazioni; nell'individuo si studia il gene e come questo determina il carattere, mentre nella famiglia di può valutare come si trasmettano ii caratteri mediante la trasmissione dei geni, invece nelle popolazioni si studiano le frequenze alleliche e le loro variazioni.

Una popolazione mendeliana è quella in cui si considera un locus con due alleli che seguono le leggi di Mendel. Una popolazione panmittica è quella che non presenta accoppiamenti preferenziali di gameti, ovvero ogni individuo ha la stessa probabilità di incrociarsi con ogni altro individuo nella popolazione (è una semplificazione che serve a utilizzare le formule matematiche).

Il numero di componenti di una popolazione nella genetica di popolazione è infinito; i fattori che modificano il numero di componenti sono nascita, morte e migrazione. La dinamica è diversa a seconda che la popolazione sia a generazioni separate o discrete (es. piante annuali come il frumento) o a generazioni sovrapposte (es. piante perenni come gli alberi).

Popolazioni a generazioni separate

non c'è coesistenza fra individui di una generazione e quelli della successiva

Ammettiamo che:

N_o = numero iniziale di componenti

N_1 = numero alla prima generazione

w = numero di figli per individuo (costante) = **tasso di riproduzione**



$$N_1 = N_o w \quad \text{-----} > \quad N_2 = N_1 w = N_o w^2 \quad \text{-----} > \quad N_n = N_o w^n$$

Generazione	Numero di individui
0	N_o
1	$N_1 = N_o w$
2	$N_2 = N_o w^2$
3	$N_3 = N_o w^3$
…	…
N	$N_n = N_o w^n$



Popolazioni a generazioni sovrapposte

c'è coesistenza fra individui di una generazione e quelli della successiva

Se consideriamo: **r** = frazione della popolazione che ha prodotto un discendente nella unità di tempo **dt**

dopo un tempo **dt** , la popolazione sarà composta da

$$N + rN$$

cioè la variazione della popolazione nell'unità di tempo sarà

$$dN/dt = rN$$

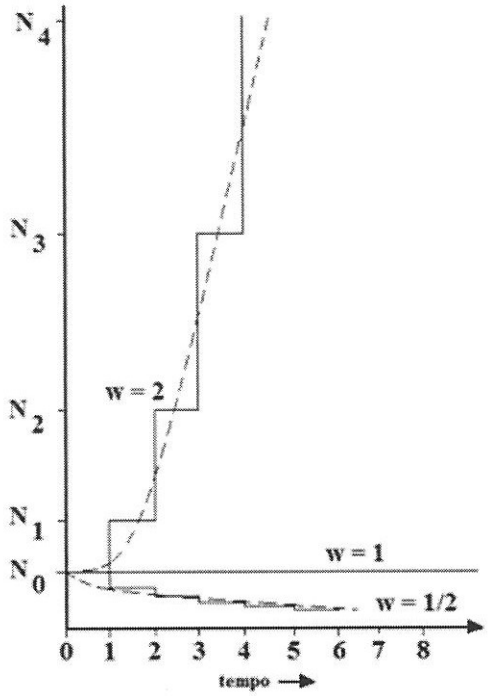
risolvendo l'equazione differenziale, al tempo **t** la popolazione sarà composta da

$$N_t = N_o e^{tr}$$

r è detto *coefficiente malthusiano.*

La relazione che lega queste popolazioni a quelle a generazioni separate ($N_n = N_o w^n$) è:

$$e^{tr} = w^n \rightarrow tr = n \ln w \rightarrow r = \ln w$$



[1]

Poiché l'energia a disposizione di una popolazione non è infinita, la crescita non può essere esponenziale ma l'esplosione demografica raggiungerà un valore limite.

Popolazioni formate da gruppi geneticamente differenti

In un popolazione si trovano individui diversi che "competono" fra loro. Per esempio:

genotipo AA numero A_0 tasso di riproduzione w

genotipo BB numero B_0 tasso di riproduzione z

dopo n generazioni sarà

$$N_n = A_0 w^n + B_0 z^n$$

a seconda del rispettivo tasso di riproduzione uno dei due genotipi prenderà il sopravvento sull'altro.

Il tasso di riproduzione è detto **fitness**: se la fitness è di origine genetica (cioè determinata dal genotipo, quindi ereditabile), un gruppo avente maggiore fitness tenderà a sostituire gli altri.

La fitness può essere riferita all'intero genotipo, ma anche ai singoli alleli: se la fitness di due alleli è diversa, questo è sufficiente a cambiare le frequenze di tali alleli nella popolazione.

Lo scopo della genetica di popolazioni è lo studio delle variazioni delle frequenze geniche (alleliche) e delle frequenze genotipiche.

[1] Impongo n/t=1

La legge di Hardy-Weinberg è riferibile a una popolazione mendeliana, in cui un gene ha due alleli A e a e i genotipi saranno quindi AA, aa e Aa.

In una popolazione infinitamente grande, ad accoppiamento casuale,
sulla quale non agiscano forze evolutive,
le frequenze alleliche non variano con il tempo e,
dopo una generazione di accoppiamento casuale, le frequenze
genotipiche si stabiliranno sulle proporzioni :

p^2 (per AA) 2pq (per Aa) q^2 (per aa)

dove p=*frequenza allelica di* A
e q=*frequenza allelica di* a



Le assunzioni su cui si basa questa legge sono:

- Una popolazione infinitamente grande, teoricamente impossibile; tuttavia, se la popolazione è piccola si hanno fenomeni di deriva genetica, per cui per effetto del caso si possono modificare le frequenze alleliche (e non per effetto di vantaggi in un fenotipo piuttosto che in un altro);
- L'accoppiamento casuale, condizione non realistica ma possibile per tutti i geni ad effetto neutro (ovvero per quei geni i cui due alleli hanno la stessa fitness), come quelli del gruppo sanguigno; questa assunzione è importante perché in questo modo gli accoppiamenti fra genotipi avvengono con la stessa proporzione dei genotipi nella popolazione;
- La mancanza di forze evolutive, come selezione, mutazione e migrazione; questa condizione si applica solo al locus in esame, ovvero su altri geni che non sono quello in esame possono comunque agire forse evolutive.

Se la popolazione rispetta le assunzioni, essa si trova in equilibrio: le frequenze alleliche saranno costanti nelle generazioni (p+q=1) e le frequenze genotipiche saranno costanti dopo una generazione di accoppiamento casuale (p^2+2pq+q^2=1).

Supponiamo una popolazione con un locus L (A, a),
dove p = freq. A e q = freq. a

I gameti prodotti saranno p (per A) e q (per a)
Se sono rispettate le condizioni previste da H. e W.:

	Gameti	femminili	
		p A	q a
maschili	p A	p^2 AA	pq Aa
	q a	pq Aa	q^2 aa

In totale: p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1